云　南　植　物　研　究　2003，25（1）：46～54
Acta Botanica Yunnanica

国产黄耆属簇毛黄耆亚属花粉形态及其系统学意义*

张明理，席以珍**，康　云，王英伟
（中国科学院植物研究所，北京　100093）

摘要：观察了国产黄耆属簇毛黄耆亚属 6 组 12 种植物的花粉形态。这些花粉的外壁表面纹饰可分为网状纹饰，穿孔或小沟渠状，以及穴网状纹饰 3 种类型。所有种类都具三孔沟的萌发孔，根据内孔明显与否可分为两类。虽然萌发孔类型与分组并没有严格的对应关系，但综合一些花粉特征，仍然发现 6 个组间花粉形态差异较为明显，与一般的形态差异有一定的对应性。特别是 Sect. *Robusti* 比较特殊，根据花粉大小等特征，推测它和 Sect. *Phyllolobium* 等有可能是本亚属的原始类群。Sect. *Sesbanella* 的两个近缘种 *Astragalus heydei* 和 *A. hendersonii*，花粉形态却很有区别。Sect. *Bibracteola* 种类较多，有 24 种，花粉形态呈多样性。总之，花粉形态在簇毛亚属中具有一定的系统学意义。

关键词：黄耆属；簇毛黄耆亚属；花粉形态；变异；分类意义
中图分类号：Q 944，Q 948　　**文献标识码：**A　　**文章编号：**0253－2700（2003）01－0046－09

Pollen Morphology and Systematic Significance of the Subgenus Pogonophace（*Astragalus*：Leguminosae）from China*

ZHANG Ming-Li，XI Yi-Zhen**，KANG Yun，WANG Ying-Wei
（*Institute of Botany*，*Chinese Academy of Sciences*，Beijing 100093，China）

Abstract：The pollen morphology of 12 species belonging to six sections of the *Astragalus* subgenus Pogonophace in China is presented in this paper. There are three sculpture types of the pollen exine，namely reticulate，perforate or fossulate，and foveo-reticulate sculpture. Though the 3-colporate is commonly exciting in the subgenus，but two types of aperture can be divided according to the ora being apparent or not. The aperture characters have no directly corresponding to the classification at section level in this subgenus. However，the comprehensive characters of pollen morphology showed that some differences among six sections of the subgenus are obvious relationaly，and these differences have correlation to that of general morphology. Sect. *Robusti* and Sect. *Phyllolobium*，with the peculiar pollen morphology，could be inferred as the primitive taxa in the subgenus. Two related species，*Astragalus heydei* and *A. hendersonii* in Sect. *Sesbanella*，have obviously difference in pollen morphology. Sect. *Bibracteola*，including about twenty-four species and the largest section in the subgenus，have complex pollen morphology. In

* 基金项目：国家自然科学基金资助项目（No. 39870054）
** 通讯作者
收稿日期：2002－03－20，2002－06－10 接受发表
作者简介：张明理（1959－）男，博士，研究员，主要从事植物系统学和生物地理学研究。

summary，the pollen morphology provided the systematic significance.

Key words：*Astragalus*；Pogonophace；Pollen morphology；Variation；Systematic significance

黄耆属是被子植物超大属，有 11 亚属，约 2 500 多种，主要分布在北温带地区。中国产 9 亚属，约 280 多种（傅坤俊，1993）。簇毛黄耆亚属是一类适应于高寒山地的植物，主要分布在横断山区及喜马拉雅地区（张明理，2000）。根据我们最近的研究，本亚属共有 9 组 49 种（变种）（张明理，2002），国产 6 组 33 种 5 变种（张明理，2000）。黄耆属虽然是大属，但花粉形态研究较少，只有个别种的报道（王伏雄等，1995），簇毛黄耆亚属的种类迄今还未见报道，其它的实验分类学证据也寥寥无几。最近几年豆科植物为数不多的花粉研究在黄耆属之外、且在较高级的类群上，例如云实亚科（Caesalpinioideae）（Banks & Klitgaard，2000）和槐族（Sophoreae）（Ferguson 等，1994）。本文研究了簇毛黄耆亚属 6 组 12 种的花粉形态，试图为该类群的系统学研究提供孢粉学资料，同时也为地层中对黄耆属的化石花粉鉴定提供依据。

1　材料和方法

材料取自中国科学院植物研究所标本室（PE）的腊叶标本，凭证标本见表 1。观察的花粉标本未经醋酸酐分解法处理，在光学显微镜下测量花粉大小，一般测量 20 粒花粉，花粉少的样品测量 10 粒，取其平均值，以最小值和最大值为其变异的幅度。并测量每种花粉沟的长度，两沟之间距离（简称沟间距）和沟极区指数，以及外壁上网眼的直径和网脊的宽度，以示种之间花粉特征在量上的区别与联系。

表 1　花粉材料及其来源

Table 1　The pollen materials

种名（Taxon）	采集地（Locality）	凭证标本（Vouchers，PE）
Astragalus complanatus Bunge	山西五台	关克俭，陈艺林 1924
A. hoantchy Ulbr.	内蒙古巴音浩特	石铸 0100
A. tribulifolius Benth. ex Bunge	西藏措勤	费永等 387
A. falconeri Bunge	西藏普兰	青藏队 76－8472
A. hendersonii Baker	西藏双湖	郎楷永 9910
A. heydei Baker	西藏札达	青藏队 76－795
A. tanguticus Batalin	四川道孚	张明理，康云 99－219
A. tingriensis Ni et P. C. Li	西藏亚东	吴征镒等 75－606
A. yatungensis Ni et P. C. Li	西藏聂拉木	青藏队 1498
A. lasaensis Ni et P. C. Li	西藏拉萨	郎楷永，张永田 2011
A. comptodontoides Simps.	西藏拉萨	青藏队 10433
A. pastorius Tsai et Yu var. *linearibracteatus* K. T. Fu	西藏加查	藏药普查队 4522

2　观察结果

2.1　簇毛黄耆亚属花粉形态特征

本亚属花粉粒为单分体，等极，辐射对称。立体形状为长球形，少数近球形，赤道部分经常平直，呈圆筒状，赤道面为椭圆形或长椭圆形，少数种类为宽椭圆形，极面观为三裂圆形，三角圆形，有时为钝三角形。极轴长度为 18.3～27.0 μm，平均长度为 20.7～26.1 μm；赤道轴长度 12.2～20.9 μm，平均长度为 12.6～18.3 μm。极轴与赤道轴之比为 1.42～1.59。具三孔沟，沟较长，有时较短，沟边整齐，沟两边具光滑的边缘，但有的种

不具光滑的沟边缘，或不明显，光滑的边缘较宽，一直延伸至沟的两端，具沟膜，沟膜上具小瘤或无，沟宽或窄，有时沟下陷，两边稍内折，内孔明显或不明显，前者在少数种类中出现，内孔为圆形或稍纵长，具孔膜，孔膜升高，突出于轮廓。沟间距为 9.7 ~ 16.2 μm，沟界极区指数为 0.42 ~ 0.74。外壁表面纹饰在光学显微镜下基本上是光滑的，在扫描电镜下放大 2 000 ~ 3 000 倍时，沟间区呈现出细网状纹饰，极区为稀的小穿孔或小沟渠状纹饰，当放大到 6 000 倍时，沟间区为网状纹饰，网眼多角形或圆形，或形状不规则，在网眼内具微瘤或无，或具小穿孔，其次为穴 – 网状纹饰，小穿孔或小沟渠状纹饰。

2.2 簇毛黄耆亚属各个种的花粉特征

簇毛黄耆亚属 12 种花粉特征的数量特征比较见表 2。以下是各种的特征描述。

表 2 簇毛黄耆亚属 12 种花粉特征的数量特征

Table 2 Some quantitative characters of the pollen morphology of Subgenus Pogonophace

种类 Taxon	极轴幅度比平均值 P/μm	赤道轴幅度比平均值 E /μm	平均值比 P/E	网眼直径/μm	网脊宽度/μm	沟间距/μm	沟界极区指数	沟长 /μm	图版 Plates
A. hoantchy	18.9-24.1/23.5	17.2-22.1/20.3	1.2	0.3-0.83	0.2-0.3			18.7	I :1,2
A. tribulifolius	20.9-22.6/22.3	12.2-14.8/14.0	1.6	0.17-0.5	0.49-0.8	9.7	0.59	13.3	I :3,4
A. tingriensis	22.6-24.4/23.1	15.7-19.1/17.6	1.3	0.15-0.5	0.33-0.57	14.3	0.61	11.6	I :5,6
A. tanguticus	20.1-22.9/21.5	11.7-13.5/12.9	1.7	0.16-0.25	0.41-1.17	10.0	0.51	17.9	I :7,8
A. complanatus	19.1-22.6/20.7	13.1-14.8/14.0	1.6	0.17-0.5	0.33-0.58	10.0	0.63	16.6	I :9,10
A. yatungensis	25.2-27.0/26.1	15.7-17.4/16.1	1.6	0.17-0.68	0.35-0.58	16.2	0.74	15.4	I :11,12
A. lasaensis	20.9-26.1/23.6	15.7-20.9/18.3	1.3	0.16-0.25	0.41-1.17	15.0	0.68	15.8	II :1,2
A. comptodontoides	18.6-21.8/20.6	12.2-14.8/13.7	1.5	0.17-0.20	0.3-0.4	9.7	0.53	14.6	II :3,4
A. pastorius var. *linearibracteatus*	19.1-22.6/20.9	13.9-17.4/15.5	1.3	0.17-0.6	0.25-0.33	Yes	0.49	13.3	II :5,6
A. heydei	22.6-24.4/23.4	15.7-17.4/16.5	1.4	0.16-0.33	0.31-0.77	12.3	0.42	19.5	II :7,8
A. hendersonii	20.9-22.6/22.1	13.9-16.5/15.6	1.4	0.17-0.5	0.25-0.33	11.7	0.49	14.6	II :11,12
A. falconeri	20.0-20.9/20.7	12.2-13.9/12.6	1.6	0.17-0.67	0.25-0.75	9.7	0.50	15.4	II :9,10

（1） *Astragalus hoantchy* Franch.（图版 I：1，2）

花粉粒近球形，赤道面观为宽椭圆形，极而观为钝三角形，角萌发孔。具三孔沟，沟较宽，沟膜表面粗糙，沟两边不具光滑的边缘；内孔明显，近圆形，具孔膜并升高突出于轮廓，膜表面光滑。外壁表面具网状纹饰，网眼大，多角形，下陷很浅，网底小，网口大，网眼内具微瘤。

（2） *A. tribulifolius* Benth. ex Bunge（图版 I：3，4）

花粉粒为长球形，赤道平直，呈圆筒状，赤道面观为长椭圆形，极面观为三角圆形。具三孔沟，沟细窄，沟两边具宽而光滑的边缘；内孔不明显。两沟间距离为 9.7 μm。外壁表面具网状纹饰，网眼形状不规则，一般为三角形，或圆形，网脊宽度几相等或稍大于网眼直径。

（3） *A. tingriensis* Ni et P. C. Li（图版 I：5，6）

花粉粒为长球形，赤道面观为宽椭圆形，极面观为三角圆形。具三孔沟，沟短，较宽，沟边不整齐，沟两边具宽而光滑的边缘，边缘在中部（赤道部位）宽，向沟未端逐渐变窄，具沟膜，沟膜上具密而明显的微瘤；内孔不明显。两沟间距离为 14.3 μm。外壁表面具穴 – 网状纹饰。

（4）　*A. tanguticus* Batalin（图版Ⅰ：7，8）

花粉粒为长球形或超长球形，赤道面观为长椭圆形，极面为三裂圆形。具三孔沟，沟细长，很窄，光滑的沟边缘在中部不明显，在沟末端明显；内孔不明显。沟间距为 10.0 μm。外壁表面具小穿孔或小沟渠状纹饰。

（5）　*A. complanatus* Bunge（图版Ⅰ：9，10）

花粉粒为长球形，赤道面观为长椭圆形，极面观为三裂圆形。具三孔沟，沟细窄，边缘下陷，沟边内缩；内孔明显，圆形，具孔膜，升高，孔膜表面光滑。沟间距为 10 μm。外壁表面具网状纹饰，网眼为圆形，网眼内具微瘤。

（6）　*A. yatungensis* Ni et P. C. Li（图版Ⅰ：11，12）

花粉粒为长球形，赤道部位平直，赤道面观为长椭圆形，极面观为圆角三角形。具三孔沟，沟短，细窄，沟边不太整齐，沟膜上的微瘤不明显，光滑的沟边缘清楚；内孔不明显。沟间距为 16.2 μm。外壁表面具网状纹饰，网眼下陷很浅，形状为多角形，网眼内具微瘤。

（7）　*A. lasaensis* Ni et P. C. Li（图版Ⅱ：1，2）

花粉粒为长球形或近球形，赤道面观为宽椭圆形，极面观为钝三角形。具三孔沟，沟较长而宽，具光滑的沟边缘，沟膜上纹饰不明显，沟边整齐；内孔明显，稍纵长，孔膜表面光滑，明显升高。两沟之间的距离为 15 μm。外壁表面具穿孔或小沟渠状纹饰。

（8）　*A. comptodontoides* Simps.（图版Ⅱ：3，4）

花粉粒为长球形，赤道面观为椭圆形，极面观为三裂圆形。具三孔沟，沟短，沟较宽，边略微不平，沟膜上具明显小瘤，光滑的沟边缘宽于本亚属其他种；内孔不明显。沟间距为 9.7 μm。外壁表面具穴－网状纹饰。

（9）　*A. pastorius* Tsai et Yu var. *linearibracteatus* K. T. Fu（图版Ⅱ：5，6）

花粉粒为长球形，赤道面观为长椭圆形，极面观为三角圆形。具三孔沟，沟细窄，沟边在内孔处稍微缢缩，沟膜上具小瘤，光滑的沟边缘较窄；内孔明显，圆形，孔膜升高，突出于轮廓。沟间距为 12.3 μm。外壁表面具网状纹饰，网眼形状不规则。

（10）　*A. heydei* Baker（图版Ⅱ：7，8）

花粉粒为长球形，呈圆筒状，赤道面观为长椭圆形，极面观为三裂圆形。具三孔沟，沟细窄，沟膜上纹饰不明显；内孔不明显。沟间距为 10.3 μm。外壁表面具穴－网状纹饰，网眼为圆形，下陷很浅，偶尔具微瘤。

（11）　*A. hendersonii* Baker（图版Ⅱ：11，12）

花粉粒为长球形，呈圆筒状。赤道面观为长椭圆形，极面观为三裂圆形。具三孔沟，沟细窄，沟膜上纹饰不清楚，光滑的沟边缘不明显；内孔不明显。沟间距为 11.7 μm。外壁表面具网状纹饰，形状不规则，网眼内具小穿孔，可称之为复合网状纹饰。

（12）　*A. falconeri* Bunge（图版Ⅱ：9，10）

花粉粒为长球形，赤道面观为长椭圆形，极面观为三裂圆形或三角圆形。具三孔沟，沟较长，沟边整齐，具光滑的沟边缘，沟膜表面具小瘤；内孔不明显，沟间距为 9.7 μm。外壁表面具网状纹饰，网眼形状不规则，内具小穿孔，可称之为复合网状纹饰。

3 讨论

本文共观察了簇毛黄耆亚属 6 组 12 种植物的花粉形态。在低倍放大时，其形态在种之间区别不大，花粉外壁表面在两极区一般为稀的穿孔或小沟渠状纹饰，在沟间区均为细网状纹饰。但在高倍放大时却可分为几种纹饰类型。因此，下面讨论的纹饰类型均在放大 6 000 倍时所呈现的外壁特征，其次萌发孔特征也有不同的表现。

3.1 外壁表面纹饰

3.1.1 网状纹饰类型：外壁表面具网状纹饰是本亚属的主体特征，根据网眼的形状，底部特征，可分为下列几个亚型：

（1）网眼为多角形，下陷很浅，网眼底部具微瘤，有两种植物花粉具这种特征，即 *A. hoantchy*（图版 I：2）和 *A. yatungensis*（图版 I：12）。

（2）网眼为圆形，网眼内具微瘤，但在沟间区网状纹饰不明显，只有一种植物花粉具此特征，即 *A. complanatus*（图版 I：10）。

（3）网眼形状不规则，多为三角形，或圆形，网脊宽度几相等，或稍大于网眼直径，主要出现在下列两种花粉上，即 *A. tribulifolius*（图版 I：4）和 *A. pastorius*（图版 II：6）。此外，还有两种花粉的网眼形状也不规则，但网眼中具小穿孔，它们是 *A. falconeri*（图版 II：10）和 *A. hendersonii*（图版 II：12）。

3.1.2 外壁具小穿孔或小沟渠状纹饰，*A. tanguticus*（图版 I：8）和 *A. lasaensis*（图版 II：2）外壁具这种纹饰。

3.1.3 穴－网状纹饰：小穴为圆形，但下陷很浅，有时小穴分布较密形成网状纹饰，这种纹饰主要出现在 *A. tingriensis*（图版 I：6），*A. comptodontoides*（图版 II：4）两种花粉外壁上。

上述观察表明，簇毛黄耆亚属花粉外壁表面具网状纹饰，穿孔或小沟渠状以及穴－网状纹饰 3 种类型。

3.2 萌发孔特征

本文所观察的种类具单一的萌发孔类型，即都具三孔沟。但根据内孔的明显程度可以分为两种类型，一类为内孔明显，具孔膜并升高突出轮廓，表面光滑。具这一特征的植物包括下列种类：*A. hoantchy*（图版 I：1），*A. complanatus*（图版 I：9，10），*A. lasaensis*（图版 II：1）和 *A. pastorius*（图版 II：5）等 4 种。另一类包含其余 8 种，为内孔不明显的类型，大多数种类沟较宽，沟膜上具明显的小瘤，有些种沟较窄，沟有些下陷，稍微内折。此外，本亚属许多种类都具光滑的沟边缘，但少数种类则不具光滑的沟边缘。

3.3 花粉形态与系统学关系——组之间关系

国产簇毛黄耆亚属包括 6 组 33 种 5 变种，Sect. *Robusti* 有 2 种，Sect. *Phyllolobium* 有 1 种和 1 变种，Sect. *Pogonophace* 只有 1 种，大多数种类集中在 Sect. *Bibracteola*，有 24 种，Sect. *Trichostylus* 有 2 种，Sect. *Sesbanella* 有 3 种。本文共观察了本亚属 12 种，每个组都有代表种类。从花粉形态看，Sect. *Robusti* 是较特殊的，（1）它的赤道面观是宽椭圆形，极面观为钝三角形，萌发孔在 3 个角上，本亚属其它种一般为长球形，赤道部位平直，常常呈圆筒状，赤道面观为长椭圆形，极面观为三裂圆形；（2）沟膜上不具小瘤，网眼大，网脊窄，沟两边不具光滑的边缘，内孔特别明显，近圆形，孔膜升高，突出于轮廓；（3）花

粉粒相对体积较大，显著大于我们所观察的该亚属的其他种类，Covas 和 Schnack（1935）认为花粉粒相对体积的缩小过程是一个进化趋势，由于在较高等的植物中代谢效率较高，因此在花粉内只需储藏较少量的养料即足以供给花粉管生长所需的能量。以上特征说明 Sect. *Robusti* 与其它组在花粉形态上的明显区别，一般形态特征上也与其它组有明显区别。并揭示出该组植物有可能就是该亚属内的原始类群或外类群。Sect. *Phyllolobium*（*A. complanatus*，图版 I：9，10），花粉为长球形，极面观为三裂圆形，沟边略下陷内缩，内孔明显，孔膜升高，突出于轮廓，网状纹饰网眼为圆形，但在沟间区则不明显，网眼内具 1 至数粒微瘤，本种花粉内孔明显与 Sect. *Robusti* 相同，但其余特征与 Sect. *Robusti* 有区别。Sect. *Ebracteolati*（*A. tribulifolius* 图版 I：3，4），花粉赤道部位平直，呈圆筒状，赤道面观为长椭圆形，极面观为三角圆形，沟两边具宽而光滑的边缘，外壁上网眼的直径与网脊宽度几相等。这几点有别于上述两个组花粉特征。Sect. *Bibracteola* 种类比较多，有 24 种，本文共观察了 7 种，纹饰类型多样化：（1）网状纹饰，网眼多角形，下陷很浅，网眼内具微瘤，如 *A. yatungensis*（图版 I：11），本种从纹饰上看与 Sect. *Robusti* 的 *A. hoantchy*（图版 I：2）很相似；（2）穴网状纹饰，*A. tingrensis*（图版 I：6）和 *A. comptodontoides*（图版 II：4）；（3）小穿孔或小沟渠状纹饰，*A. tanguticus*（图版 I：8）和 *A. lasaensis*（图版 II：2）；（4）网眼形状不规则，网眼内无纹饰，*A. pastorius*（图版 II：6）。从萌发孔特征看本组也有两种类型，一类为内孔明显，孔膜升高并突出于轮廓，如 *A. lasaensis*（图版 II：1）和 *A. pastorius*（图版 II：5），与第一组的相似；另一类内孔均不明显。Sect. *Sesbanella* 的两种花粉在形状上均为圆筒状，但两种的外壁纹饰却不同，*A. heydei*（图版 II：8）的花粉外壁为穴网状纹饰，网眼内有时具微瘤，网眼为圆形，网脊较宽，光滑的沟边缘明显；*A. hendersonii*（图版 II：12）网眼形状不规则，网眼内具小穿孔，网脊较窄，光滑的沟边缘不明显。在形态上，*A. heydei* 与 *A. hendersonii* 较难区分，有意见认为二者为同一种，但在花粉特征上二者明显可分。Sect. *Trichostylus* 只观察了一种 *A. falconeri*（图版 II：10），花粉特征与 Sect. *Sesbanlla* 的 *A. hendersonii* 很相似，无论花粉的表状和外壁表面纹饰都比较一致，但 Sect. *Trichostylus* 花粉沟膜上具相当粗的小瘤。

归纳起来，国产黄耆属簇毛黄耆亚属 6 个组的花粉特征的区别是较明显的，与形态差异有一定的相关性。特别是 Sect. *Robusti*，Sect. *Phyllolobium*，Sect. *Ebracteola*，Sect. *Trichostylus*，Sect. *Sesbanella*。Sect. *Bibracteola* 种类复杂，花粉形态与一般形态特征一样，都显示多样性。

〔参　考　文　献〕

Banks H，Klitgaard BB，2000. Palynological contribution to the systematics of detarioid legumes（Leguminosae：Caesalpinioideae）. In Herendeen P S，Bruneau A eds. Advances in Legume Systematics 9［M］. Kew：Royal Botanical Gardens，76—106

Covas G，Schnack B，1944. Tres nuevas especies de Glandularia de la flora Argentina［J］. *Rev Argent Argron*，**11**：89—97

Ferguson IK，Schrire BD，Shepperson R，1994. Pollen morphology of the tribe Sophoreae and relationships between subfamilies Caesalpinioideae and Papilionoideae. In Ferguson I K，Turcker S eds. Advances in Legume Systematics 9［M］. Kew：Royal Botanical Gardens，53—96

Fu KT（傅坤俊），1993. Pogonophace. In Flora Reipublicae Popularis Sinicae.［M］. Beijing：Science Press，**42**（1）：8—114

Wang FS（王伏雄），Chien NF（钱南芬），Zhang YL（张玉龙），*et al*，1995. Pollen Flora of China［M］. Beijing：Science Press，250

Zhang ML（张明理），2000. Studies on geographical distribution pattern of the subgenus Pogonophace（Fabaceae：*Astragalus*）in China using GIS technique［J］. *Acta Bot Sin*（植物学报），**42**（8）：849—854

Zhang ML（张明理），2002. Systematics of *Astragalus* Subgen. Pogonophace（Leguminosae）［J］. *Acta Bot Yunnan*（云南植物研究），**24**（5）：543—553

图版说明

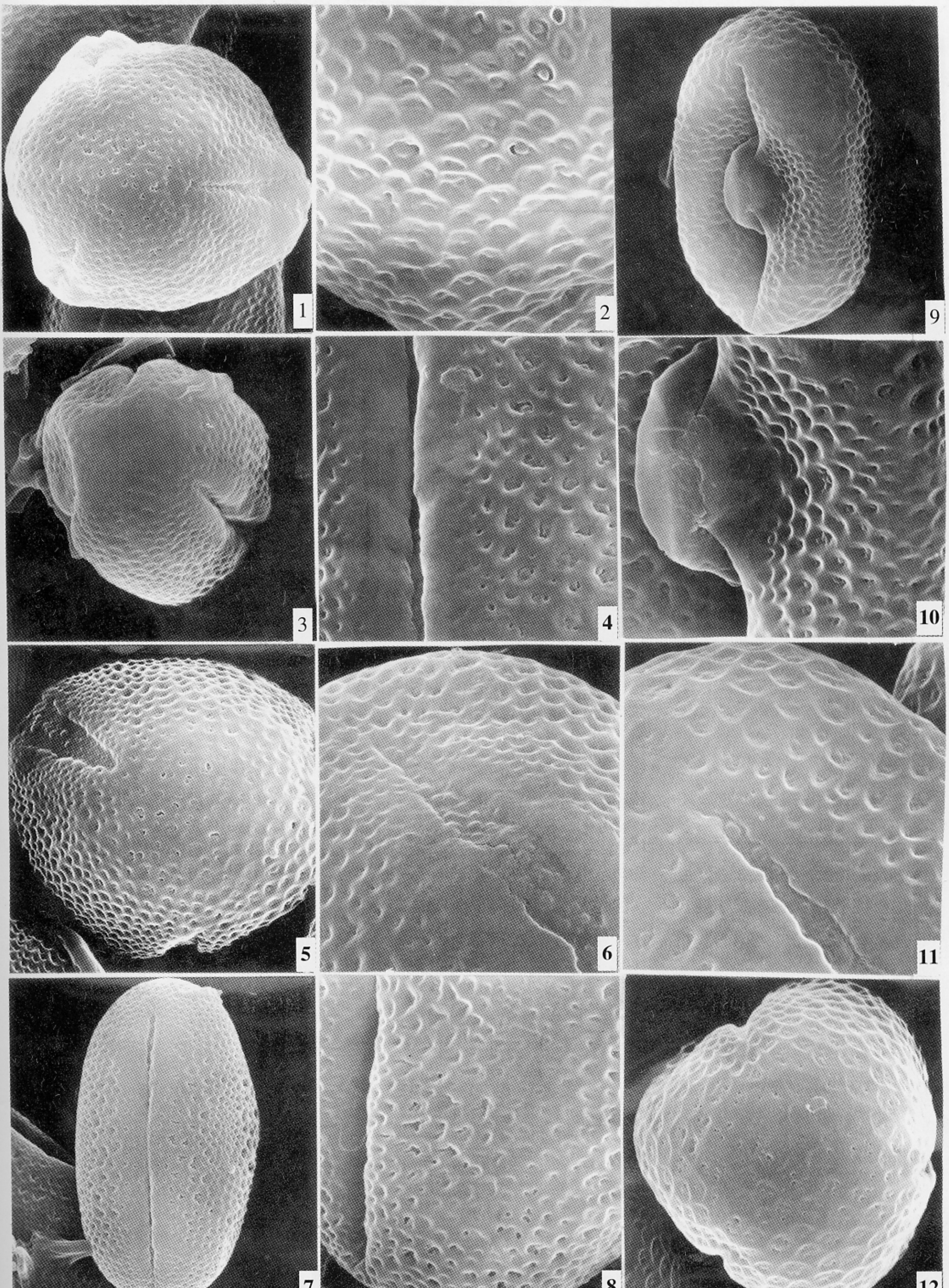
图版Ⅰ：1～12. 1，2. *Astragalus hoantchy* 1. **极面观**×2 400，2. **纹饰放大**×6 000；3，4. *A. tribulifolius* 3. **极面观**×3 000，4. **纹饰放大**×6 000；5，6. *A. tingriensis* 5. **极面观**×3 000，6. **纹饰放大**×6 000；7，8. *A. tanguticus* 7. **极面观**×2 400，8. **纹饰放大**×6 000；9，10. *A. complanatus* 9. **极面观**×2 400，10. **纹饰放大**×6 000；11，12. *A. yatungensis* 11. **纹饰放大**×6 000，12. **极面观**×3 000

图版Ⅱ：1～12. 1，2. *Astragalus lasaensis* 1. **极面观**×2 400，2. **纹饰放大**×6 000；3，4. *A. comptodontoides* 3. **极面观**×3 000，4. **纹饰放大**×6 000；5，6. *A. pastorius* 5. **极面观**×3 000，6. **纹饰放大**×6 000；7，8. *A. heydei* 7. **极面观**×3 000，8. **纹饰放大**×6 000；9，10. *A. falconeri* 9. **极面观**×3 000，10. **纹饰放大**×6 000；11，12. *A. hendersonii* 11. **极面观**×3 000，12. **纹饰放大**×6 000

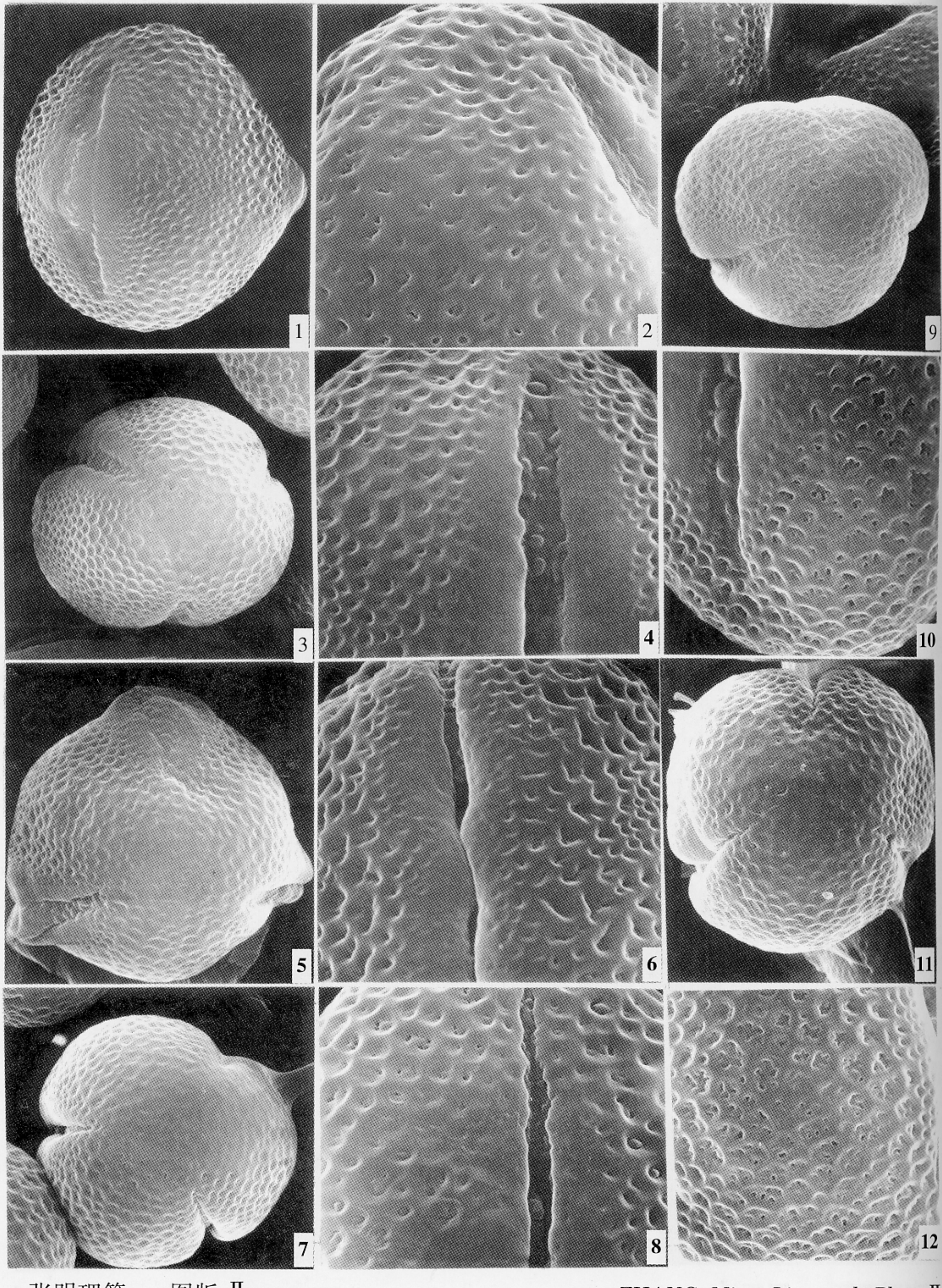
Explanation of Plates

Plate Ⅰ：1－12. 1，2. *Astragalus hoantchy* 1. polar view×2 400，2. ornamentation×6 000；3，4. *A. tribulifolius* 3. polar view×3 000，4. ornamentation×6 000；5，6. *A. tingriensis* 5. polar view×3 000，6. ornamentation×6 000；7，8. *A. tanguticus* 7. polar view×2 400，8. ornamentation×6 000；9，10. *A. complanatus* 9. polar vies×2 400，10. ornamentation×6 000；11，12. *A. yatungensis* 11. ornamentation×6 000，12. polar view×3 000

Plate Ⅱ：1－12. 1，2. *A. astragalus lasaensis* 1. polar view×2 400，2. ornamentation×6 000；3，4. *A. comptodontoides* 3. polar view×3 000，4. ornamentation×6 000；5，6. *A. pastorius* 5. polar view×3 000，6. ornamentation×6 000；7，8. *A. heydei* 7. polar view×3 000，8. ornamentation×6 000；9，10. *A. falconeri* 9. polar view×3 000，10. ornamentation×6 000；11，12. *A. hendersonii* 11. polar view×3 000，12. ornamentation×6 000



张明理等：　图版 I　　　　ZHANG Ming-Li *et al*: Plate I



张明理等： 图版 Ⅱ

ZHANG Ming-Li *et al*: Plate Ⅱ